

(i9) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年2月5日 (05.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/012271 A1

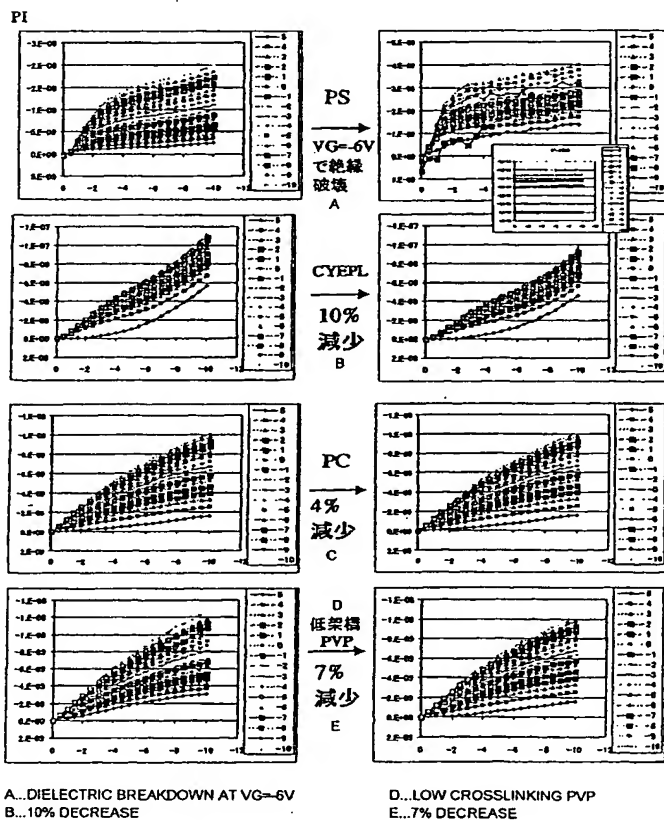
- (51) 国際特許分類: H01L 29/786, 21/336, 51/00
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009747
(22) 国際出願日: 2003年7月31日 (31.07.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-223021 2002年7月31日 (31.07.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱化学株式会社 (MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目5番2号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小橋 昌浩 (KOBASHI, Masahiro) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内 Kanagawa (JP). 半田 敬信 (HANDA, Keishin) [JP/JP]; 〒510-0848 三重県四日市市東邦町1番地 株式会社三菱化学科学技術研究センター内 Mie (JP). 荒牧 晋司 (ARAMAKI, Shinji) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 株式会社三菱化学科学技術研究センター内 Kanagawa (JP). 酒井 良正 (SAKAI, Yoshimasa) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 株式会社三菱化学科学技術研究センター内 Kanagawa (JP).

[続葉有]

(54) Title: FIELD EFFECT TRANSISTOR

(54) 発明の名称: 電界効果トランジスタ



(57) Abstract: The mechanical characteristics of the support substrate and the insulation layer of an organic field effect transistor are optimized to thereby attain a high mobility, a high on-current and a low leak current, and a high on/off ratio in the organic field effect transistor. A field effect transistor comprising, provided on a support substrate (1), an insulation layer (3), a gate electrode (2) and an organic semiconductor layer (4) separated from this insulation layer (3), and a source electrode (5) and a drain electrode (6) provided so as to contact the organic semiconductor layer (4). Elongation $\varepsilon 1$ (%) at a yield point of the insulation layer (3) is larger than elongation $\varepsilon 2$ (%) at a yield point of the support substrate (1). Good flexible characteristics provided can restrict cracks that might be caused by a stress applied to reduce a leak current, whereby a high mobility, a high on-current and a low leak current, and a high on/off ratio are attained.

(57) 要約: 有機電界効果トランジスタの支持基板と絶縁体層の力学的特性を最適化し、それにより有機電界効果トランジスタにおける高い移動度と、高いon電流及び低いリーク電流と、高いon/off比とを達成する。絶縁体層3と、この絶縁体層3により隔離されたゲート電極2及び有機半導体層4と、この有機半導体層4に接するように設けられたソース電極5及びドレイン電極6を、支持基板上1に有する電界効果トランジスタ。絶縁体層3の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%)は支持基板1の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%)より大きい。良好なフレキシブル特性を有するため、応力が加えられることによるクラックの発生等が抑止され、これによりリーク電流が低減されること

で、高い移動度と高いon電流及び低いリーク電流、高いon/off比が達成される。

BEST AVAILABLE COPY



(74) 代理人: 泉名 謙治, 外 (SENMYO, Kenji et al.); 〒101-0042 東京都千代田区神田東松下町38番地 鳥本鋼業ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

電界効果トランジスタ

技術分野

本発明は、有機半導体を用いた電界効果トランジスタに関する。

背景技術

電界効果トランジスタは、バイポーラトランジスタと並んで重要なスイッチ、増幅素子として広く利用されている。電界効果トランジスタは、半導体材料にソース電極及びドレイン電極と、絶縁体層を介してゲート電極を設けた構造を有する。電界効果トランジスタの動作特性は、用いられる半導体のキャリア移動度 μ 、電気伝導度 σ 、絶縁層の静電容量 C_i 、素子の構成（ソース電極ードレイン電極間距離 L 及び幅 W 、絶縁層の膜厚 d 等）により決まるが、この中で、半導体材料の特性としては、高い移動度（ μ ）を有するものが良好な特性を示すことになる。

現在、半導体材料としてはシリコンが広く用いられている。シリコンに代表される無機半導体は、製造時に 300°C 以上の高温で処理する必要があることから、基板にプラスチック基板やフィルムを用いることが難しく、かつ製造に多くのエネルギーを必要とするという欠点がある。また、真空での素子作製プロセスを経るため、製造ラインに高価な設備を必要とし、高コストになるという欠点もある。

これに対して、有機半導体を用いたトランジスタは、その殆どが無機半導体より低温プロセスで製造することができるため、基板としてプラスチック基板やフィルムを用いることができ、軽量で壊れにくい素子を作製することができる。また、溶液の塗布や印刷法を用いた素子作製が可能なものもあり、大面積の素子を低コストで製造することが可能である。更に、材料のバリエーションが豊富であり、分子構造を変化させることにより容易に材料特性を根本的に変化させることが可能であるため、異なる機能を組み合わせることで、無機半導体では不可能な機能、素子を実現することも可能である。

半導体として有機半導体を用いたトランジスタについて、特開昭61-202469号公報には、導電性高分子、共役高分子を利用したものが記載され、特許2984370号公報には、低分子化合物を利用したものが記載されている。

従来の半導体として有機半導体を用いたトランジスタの代表的な構造を図1～3に示す。

図1の電界効果トランジスタにあっては、支持基板1上にゲート電極2が設けられ、更にこの上に絶縁体層3及び有機半導体層4が設けられている。この有機半導体層4に接するように、ソース電極5とドレイン電極6が絶縁体層3上に設けられている。この電界効果トランジスタはボトムゲート・ボトムコンタクト型と称される。

図2の電界効果トランジスタにあっては、絶縁体層3上の有機半導体層4上にソース電極5とドレイン電極6が設けられている点が図1に示す電界効果トランジスタと異なり、その他は同様の構成とされている。この電界効果トランジスタはボトムゲート・トップコンタクト型と称される。

図3に示す電界効果トランジスタにあっては、支持基板1上にソース電極5とドレイン電極6が設けられ、支持基板1上に有機半導体層4及び絶縁体層3が積層され、絶縁体層3上にゲート電極2が設けられている。この電界効果トランジスタは、トップゲート・ボトムコンタクト型と称される。

このような電界効果トランジスタでは、ゲート電極2に電圧が印加されると、有機半導体層4と絶縁体層3の界面近傍における有機半導体層4のキャリア密度を変化させて、ソース・ドレイン電極5, 6間に流れる電流量を変化させる。

このような有機半導体を用いた電界効果トランジスタ（以下「有機電界効果トランジスタ」と称す場合がある。）においては、前述のように支持基板としてプラスチック基板やフィルムを用いた場合、フレキシブルで壊れ難いトランジスタを実現することができる。このような有機電界効果トランジスタはフレキシブルディスプレイにおけるスイッチング素子として用いられることが、Bell Lab., Lucent Technologies, PNAS., 98, 4835に開示されている。

しかし、支持基板としてプラスチック基板やフィルムを用いた場合であっても、例えば支持基板と絶縁体層などとの間に力学的特性において大きな差異がある場合には、有機電界効果トランジスタに応力が加えられた場合、支持基板は変形し、その後応力が解除されたときには元の形状に戻っても、絶縁体層は元の形状に戻らず、それにより素子としての機能が破壊される場合があり得る。しかし、このようなフレキシブル素子としての力学的特性と素子特性に関しての詳細な検討は未だ行われてはいない。

発明の開示

本発明は上記従来の実状に鑑みてなされたものであって、特にフレキシブルディスプレイにおけるスイッチング素子の構成部材として大きな面積を占め、力学的影響を強く受ける支持基板と絶縁体層の力学的特性を最適化し、それにより有機電界効果トランジスタにおける高い移動度と、高いon電流及び低い

リーク電流と、高いon/off比とを達成すると共に、これらのトランジスタ性能が安定した有機電界効果トランジスタを提供することを目的とする。

本発明の電界効果トランジスタは、絶縁体層と、該絶縁体層により隔離されたゲート電極及び有機半導体層と、該有機半導体層に接するように設けられたソース電極及びドレイン電極と、ポリマーを含有する支持基板とを有する電界効果トランジスタにおいて、前記絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が、前記支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) より大きいことを特徴とする。

前述の如く、有機電界効果トランジスタにおいて、支持基板としてプラスチック基板やフィルムを用いた場合には、フレキシブルで壊れ難いトランジスタとすることが可能である。本発明者らは、フレキシブルディスプレイ用途に用いられる支持基板と絶縁体層とを有する有機電界効果トランジスタにあっては、支持基板によるフレキシブル特性を有効に発揮させるためには、支持基板自体がフレキシブルであるだけでなく、応力が加えられたときには、支持基板のしなりに応じて絶縁体層が追随し、且つ、応力が除去されたときには元の形状に復元される物性が得られるような、支持基板と絶縁体層との組み合わせが重要であることを知見した。

本発明に従って、絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) 以上であり、好ましくは、この伸び $\varepsilon 1$ (%) と伸び $\varepsilon 2$ (%) との比 ($\varepsilon 1 / \varepsilon 2$) が、1より大きく、かつ1.5以下である組み合わせを採用することにより、上記物性を十分に得ることができる。

なお、このような物性は、「弾性限界点（応力を除去した時に、応力変形座標で原点に戻る点）の伸び ε (%)」が関係すると考えられる。しかし、この「弾性限界点の伸び」を測定することは困難であるので、本発明では、「弾性限界点での伸び」とほぼ一致する「降伏点での伸び ε (%)」をパラメータとして用いる。従って、本発明においては、支持基板及び絶縁体層の「降伏点での伸び ε (%)」の関係を特定しているが、本質的には、「弾性限界点の伸び」の関係を示している。

本発明において、伸びを測定する降伏点とは、次のようなものである。即ち、支持基板や絶縁体層に作用する応力を増してゆき、弾性限界を超えてある値に達すると、応力の増加が殆どないまま、急激に塑性ひずみが増加する。この点が降伏点（降伏応力）である。本発明では、支持基板及び絶縁体層について、この降伏点での伸び%を規定する。

本発明に係る「降伏点での伸び」は、支持基板と絶縁体層の各々について、同じ厚さ、同じ大きさの試験片を作成し、JIS K 7113に従って求めるものである。即ち、材料に純粋な引張応力を所定のひずみ速度（又は荷重速度）でかけることにより、その材料の引張応力と伸びひずみとの関係を求め、この

引張応力-ひずみ曲線から降伏点を求め、その降伏点の伸び（％）を特定することにより求めることができる。

本発明においては、絶縁体層が、有機電界効果トランジスタに応力が加えられたときには、支持基板のしなりに応じて十分に追随し、応力が除去されたときに元の形状に復元され、初期の形状を保持するという、良好なフレキシブル特性を有する。このため、応力が加えられることによるクラックの発生等が抑止され、これによりリーク電流が低減されることで、高い移動度と高いon電流及び低いリーク電流、高いon/off比が達成される。

図面の簡単な説明

- 図1は、電界効果トランジスタの構造例を示す断面図である。
図2は、電界効果トランジスタの構造例を示す断面図である。
図3は、電界効果トランジスタの構造例を示す断面図である。
図4は、絶縁膜付きP E T基板の曲げ前後の表面状態を示す図である。
図5は、絶縁膜付きP I 基板の曲げ前後の表面状態を示す図である。
図6は、曲げ試験による絶縁膜の電気抵抗測定の結果である。
図7は、曲げ試験によるP E T基板トランジスタ特性変化を示す図である(1)。
図8は、曲げ試験によるP E T基板トランジスタ特性変化を示す図である(2)。
図9は、曲げ試験によるP I 基板トランジスタ特性変化を示す図である(1)。
図10は、曲げ試験によるP I 基板トランジスタ特性変化を示す図である(2)。
図11は、絶縁膜の降伏点での伸びと絶縁抵抗の関係を示す図である。

符号の説明

- 1 支持基板
- 2 ゲート電極
- 3 絶縁体層
- 4 有機半導体層
- 5 ソース電極
- 6 ドレイン電極
- 7 界面

発明を実施するための最良の形態

以下に図面を参照して本発明の電界効果トランジスタの実施の形態を詳細に説明する。

本発明の電界効果トランジスタは、絶縁体層と、この絶縁体層により隔離されたゲート電極及び有機半導体層と、この有機半導体層に接するように設けられたソース電極及びドレイン電極とを、支持基板上に有するものである。その構造には特に制限はなく、図1に示すボトムゲート・ボトムコンタクト型、図2に示すボトムゲート・トップコンタクト型、図3に示すトップゲート・ボトムコンタクト型などが挙げられる。

本発明においては、このような電界効果トランジスタにおいて、絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) より大きい。即ち、 $\varepsilon 1 > \varepsilon 2$ 、好ましくは、前記絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) と支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) との比 ($\varepsilon 1 / \varepsilon 2$) の下限が1より大きく、好ましくは1.1以上である。又上限については特に限定はないが、好ましくは1.5以下、より好ましくは1.3以下、さらに好ましくは1.0以下、特に好ましくは1.0以下である。

絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) より小さいと、支持基板のしなりに絶縁体層が十分に追随し得ず、また形状の復元性も劣るものとなり、本発明の目的を達成し得ない。又、絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) と同じ場合には、支持基板のしなりに絶縁体層が追随するものの、部分的に絶縁膜が伸びたり、歪んだ場合に絶縁膜の変化が起こる可能性がある。絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) に対して過度に大きいと、絶縁体層と支持基板及び電極との接着性が悪くなり、素子形状の維持に問題が発生する。

このような本発明の範囲となる支持基板と絶縁体層との組み合わせを選択するには、使用する支持基板に対して、絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ が支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ より大きくなるように、絶縁体層の成膜条件を調節するのが簡便である。具体的には、絶縁体層の材料として硬化性樹脂組成物を用い、更にこの組成物中のエラスチックな成分の添加量を調節する方法等が挙げられる。

なお、絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) の下限は特に限定はないが、1%以上であることが好ましく、さらに好ましくは1.2%以上である。上限は特に制限はないが、2.5%以下であることが好ましく、さらに好ましくは1.0%以下である。絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が小さすぎると、支持基板の曲げに追随できず、クラックの発生や支持基板および電極半導体層との剥離が生じてしまう。また、大きすぎると絶縁層の曲げによる伸びに支持基板、電極および半導体層が剥離してしまう可能性がある。又、支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) の下限は特に限定はないが、0.5%以上であることが好ましく、さらに好ましくは1%以上である。上限は特に制限はないが、2.0%以下

であることが好ましく、さらに好ましくは8%以下である。支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) が小さすぎると曲げにより破壊がおき、トランジスタ全体の形状維持が困難で、大きすぎると支持基板の曲げによる伸びに絶縁層、電極および半導体層が剥離してしまう可能性があるのである。

本発明において、電界効果トランジスタの構成材料自体には特に制限はなく、従来電界効果トランジスタに適用されているものをいずれも好適に用いることができる。

本発明において支持基板は単層であっても、積層であっても特に構わないが、積層の場合、最も絶縁層に近い基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) が、絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) 以下であることが必要である。

支持基板の材料としては、ポリマーを含有し電界効果トランジスタ及びその上に作成される表示素子、表示パネル等を支持できるものであれば良く、好ましくは、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリエーテルスルホン、アモルファスポリオレフィン、エポキシ樹脂、ポリアミド、ポリベンゾオキサゾール、ポリベンゾチアゾール、ビニル系ポリマー、ポリパラバン酸、ポリシルセスキオキサン、及びシロキサンよりなる群から選択されるプラスチック基板に有効である。さらに、ポリエチレンテレフタレート等のポリエステル類やポリカーボネート等の汎用樹脂が強度やコストの点から好ましく、又、ポリイミド、ポリアミド、ポリベンゾオキサゾール、ポリベンゾチアゾール、ポリパラバン酸等の縮合系高分子や、熱処理などにより不溶化が行えるポリビニルフェノール等の架橋体が耐熱性や耐溶剤性の点から好ましい。特に、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾールが好ましく、最も好ましいのはポリエチレンテレフタレート等のポリエステル及びポリイミドである。

支持基板の材料としては、上記ポリマーを含む共重合体やブレンドであっても構わない。又、必要に応じて、充填剤、添加剤等を含んでいても構わない。

支持基板の材料としては、ガラス転移点 (T_g) が40℃以上であることが好ましい。40℃より低いと流動性が高く、基板とはなりえない。又、絶縁体作製時の使用溶媒に対して耐溶剤性を示すものが好ましい。又、線膨張係数が $25 \times 10^{-5} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 以下であるのが好ましく、さらに好ましくは $10 \times 10^{-5} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 以下である。線膨張係数が $25 \times 10^{-5} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ より大きいと、製造時の熱処理に寸法変化を起こし、トランジスタ性能が安定しない。又、絶縁膜や電極との密着性が高いものが望ましい。

支持基板の厚みの上限は2mm以下が好ましく、さらに好ましくは1mm以下である。又、下限は、0.01mm以上が好ましく、さらに好ましくは0.05mm以上である。

ゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の構成材料は、導電性を示すものであれば良く、公知のものをいずれでも用いることができる。例えば白金、金、アルミニウム、クロム、ニッケル、銅、チタン、マグネシウム、カルシウム、バリウム、ナトリウム等の金属、 InO_2 、 SnO_2 、ITO等の導電性酸化物、樟脳スルホン酸がドーピングされたポリアニリン、パラトルエンスルホン酸がドーピングされたポリエチレンジオキシチオフエン等のドーピングされ良好な電気伝導度を示す導電性高分子、カーボンブラック、金属微粒子、グラファイト粉等がバインダーに分散されてなり良好な電気伝導度を示す導電性複合材料などが挙げられる。

ゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の形成法としては、真空蒸着法、スパッタ法、塗布法、印刷法、ゾルゲル法等が挙げられる。更にそのパターンニング方法としては、フォトレジストのパターンニングとエッチング液や反応性のプラズマでのエッチングを組み合わせたフォトリソグラフィ法、インクジェット印刷、スクリーン印刷、オフセット印刷、凸版印刷等の印刷法、マイクロコンタクトプリンティング法等のソフトリソグラフィの手法及びこれらの手法を複数組み合わせた手法などが挙げられる。また、レーザーや電子線等のエネルギー線を照射して材料を除去することや材料の導電性を変化させることにより、直接パターンを作製することも可能である。

これらゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の厚みの下限は $0.01\mu\text{m}$ 以上が好ましく、さらに好ましくは $0.02\mu\text{m}$ 以上である。又上限は $2\mu\text{m}$ 以下が好ましく、さらに好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下である。

なお、ソース電極ードレイン電極間距離（チャンネル長さL）は通常 $100\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下であり、チャンネル幅Wは通常 $2000\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $500\mu\text{m}$ 以下であり、 L/W は通常 0.1 以下、好ましくは 0.05 以下である。

絶縁体層の絶縁体としては、 ϵ_1 が ϵ_2 よりも大きいものであって、ゲート電極への電流の漏れを防ぎかつ低ゲート電圧で電界効果トランジスタを駆動させることができるように絶縁性に優れかつ比較的大きな比誘電率を持つものであれば公知のものをいずれでも用いることができ、例えばポリメチルメタクリレート等のアクリル樹脂、ポリスチレン、ポリビニルフェノール、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリエステル、ポリビニルアルコール、ポリ酢酸ビニル、ポリウレタン、ポリスルホン、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリフッ化ビニリデン、シアノ基やニトロ基を含む炭化水素系樹脂等のポリマー及びこれらを組み合わせた共重合体、二酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化チタン等の酸化物、窒化珪素等の窒化物、 SrTiO_3 、 BaTiO_3 等の強誘電性酸化物、あるいは、上記酸化物や窒化物、強誘電性酸化物等の粒子を分散させたポリマー膜等が挙げられる。中でもエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、アクリル樹

脂、シアノ基やニトロ基を含む炭化水素系樹脂が好ましい。シアノ基やニトロ基を含む炭化水素系樹脂として好ましいのは、シアノ基やニトロ基で置換された炭化水素が水酸基に結合した多糖類で、さらに好ましくはシアノプルランである。

また、絶縁体の前駆物質としてモノマーを塗布した後、光を照射して硬化させることにより絶縁体を形成する光硬化樹脂を用いたり、もしくは架橋剤や架橋基によりポリマーやモノマーを熱架橋する樹脂を用いることができる。その際に、エラスチックな成分の添加量を調節することにより、前述の如く、絶縁体層の伸びを支持基板に対応して容易に所望の範囲に調節することができ、好ましい。

絶縁層は、単層であっても、積層であっても特に限定されないが、高誘電性の絶縁膜を安定的に使用するために、低誘電性の絶縁膜を積層することもできる。絶縁層が積層の場合は、降伏点での伸び ϵ_1 (%) が最も小さい層が、支持基板の降伏点での伸び ϵ_2 (%) より大きい必要がある。

絶縁層としては、ガラス転移点 (T_g) が 80°C 以上であることが好ましい。 T_g が 80°C より低いと、流動性が高く、膜厚に不均一化、や表面状態凹凸化等により、絶縁層を維持できない。又、支持基板を溶解しない溶媒に可溶で、かつ塗布型半導体層の作製時に溶剤に侵食されない耐溶剤性を有することが望ましい。又、絶縁層の表面荒さとしては 300 nm 以下が好ましく、さらに好ましくは 10 nm 以下となるような材料であることが望まれる。絶縁層の表面荒さが 300 nm より大きいと、絶縁層と有機半導体層の界面が荒くなり、トランジスタ特性が悪化する。又、線膨張係数が $25 \times 10^{-5} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 以下であるのが好ましく、さらに好ましくは $10 \times 10^{-5} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 以下である。線膨張係数が $25 \times 10^{-5} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ より大きいと、製造時の熱処理に寸法変化を起こし、トランジスタ性能が安定しない。さらに基板や電極との密着性が高いものが望ましい。

絶縁体層の形成方法としては、スピンコートやブレードコートなどの塗布法、蒸着法、スパッタ法、スクリーン印刷やインクジェット等の印刷法等、材料の特性に合わせた形成方法を採用することができる。好ましくは、塗布法や印刷法である。

このようにして形成される絶縁体層は、ゲート電極への漏れ電流、電界効果トランジスタの低ゲート電圧駆動に関係することから、室温での電気伝導度が 10^{-12} S/cm 以下、更には 10^{-14} S/cm 以下、比誘電率が 2.0 以上、更には 2.5 以上を示すことが好ましい。

このような絶縁体層の厚みの上限は $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましく、さらに好ましくは $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。下限は、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、さらに好ましくは $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。

有機半導体層を形成する有機半導体は特に限定されず、 π 共役系の低分子及び高分子であれば公知のものをいづれでも用いることができる。例えばペンタセン、オリゴチオフェン、置換基を有するオリゴチオフェン、ビスジチエノチオフェン、置換基を有するジアルキルアントラジチオフェン、金属フタロシアニン、ペンゾポルフィリン、フッ素置換された銅フタロシアニン、N, N'-ジアルキルナフタレン-1, 4, 5, 8-テトラカルボン酸ジイミド置換体、3, 4, 9, 10-ペリレンテトラカルボン酸ジアンハイドライド、N, N'-ジアルキル-3, 4, 9, 10-ペリレンテトラカルボン酸ジイミド、フラーレンなどの π 共役系低分子やレジオレギュラーポリ(3-ヘキシルチオフェン)に代表されるレジオレギュラーポリ(3-アルキルチオフェン)、ポリ-9, 9'-ジアルキルフルオレンコピチオフェンなどの π 共役系共重合体等の π 共役系高分子が挙げられる。

これら π 共役系低分子、高分子のなかでも、有機半導体層を形成した場合、そのソース電極-ドレイン電極方向の電気伝導度が 10^{-4} S/cm以下、 10^{-12} S/cm以上を示すものが好ましく、特に 10^{-6} S/cm以下、 10^{-11} S/cm以上、とりわけ 10^{-7} S/cm以下、 10^{-10} S/cm以上を示すものがより好ましい。更にまた、これら π 共役系低分子、高分子のなかでも、有機半導体層を形成した場合に電界効果移動度とソース電極-ドレイン電極方向の電気伝導度、及び電荷素量から求めたキャリア密度が 10^7 cm $^{-3}$ 以上、 10^{18} cm $^{-3}$ 以下を示すものが好ましく、特に 10^8 cm $^{-3}$ 以上、 10^{17} cm $^{-3}$ 以下を示すものがより好ましい。また、これら π 共役系低分子、高分子のなかでも、有機半導体層を形成した場合に電界効果移動度の室温以下での温度依存性から求められる電荷移動に要する活性化エネルギーが0.2 eV以下を示すものが好ましく、特に0.1 eV以下を示すものがより好ましい。

更にまた、これら π 共役系低分子のなかでも分子長が40 Å以下のものにおいては、該電界効果トランジスタに用いた絶縁体層と同じ絶縁体層上に有機半導体層を形成した場合、層表面に対する法線に対して60°の角度から入射光を入れて測定した偏光吸収において、これら π 共役系低分子の分子軸方向の遷移モーメントに由来する吸収ピーク強度のp偏光成分とs偏光成分の比であるp偏光成分/s偏光成分が1.5以上、更には2.0以上、特には3.0以上を示す特性を持つものが好ましい。

また一方で、分子長が40 Åより大きい π 共役系高分子においては、該電界効果トランジスタに用いた絶縁体層と同じ絶縁体層上に有機半導体層を形成した場合、層表面に垂直方向から入射光を入れて測定した偏光吸収において、これら π 共役系高分子の主鎖方向の遷移モーメントに由来する吸収ピーク強度のソース電極-ドレイン電極方向成分とそれに垂直方向成分の比であるソース電

極ードレイン電極方向成分／垂直方向成分が3.5以上、更には4.5以上、特に5.0以上を示す特性を持つものが好ましい。

更にまた、これら π 共役系低分子、高分子のなかでも、該電界効果トランジスタに用いた絶縁体層と同じ絶縁体層上に有機半導体層を形成した場合、最隣接分子或いは高分子間の距離が3.9 Å以下、更には3.85 Å以下、特に3.8 Å以下である特性を示すものが好ましい。

このような有機半導体層の膜厚の下限は、好ましくは1 nm以上で、さらに好ましくは10 nm以上である。又、上限は10 μ m以下が好ましく、さらに好ましくは500 nm以下である。

これらの有機半導体を用いた有機半導体層を形成する方法としては、低分子有機半導体の場合には、真空蒸着により絶縁体層又は支持基板上に蒸着して形成する方法、溶媒に溶解してキャスト、ディップ、スピコートなどにより塗布して形成する方法などが挙げられる。高分子有機半導体の場合は、溶媒に溶解してキャスト、ディップ、スピコートなどにより塗布して形成する方法などが挙げられる。また、目的とする低分子前駆体或いは目的とする高分子前駆体を用いて前述の適切な方法により層形成し、その後に加熱処理等により目的とする有機半導体層に変換する方法も挙げられる。

本発明の電界効果トランジスタの基本的な構造は、絶縁体層と、この絶縁体層により隔離されたゲート電極及び有機半導体層と、この有機半導体層に接するように設けられたソース電極及びドレイン電極とを支持基板上に有するものである。その具体的な構造としては図1～3に示すようなものが挙げられるが、本発明の電界効果トランジスタは、何ら図1～3に示す構造の電界効果トランジスタに限定されず、更に図1～3に示される層以外の層が形成されていても良い。

例えば、図1、2に示す電界効果トランジスタのように、有機半導体層が表出している電界効果トランジスタにあっては、有機半導体に対する外気の影響を最小限にするために、更にこの上に保護膜を形成しても良い。この場合、保護膜の材料としてはエポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリウレタン、ポリイミド、ポリビニルアルコール等のポリマーや酸化珪素、窒化珪素、酸化アルミニウム等の無機酸化物や窒化物等が挙げられる。保護膜の形成方法としては塗布法や真空蒸着法などが挙げられる。

実施例

以下、本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。

各評価には以下の樹脂を使用して行った。

ポリエチレンテレフタレート（PET）：三菱化成社製 SP-976-3

ポリイミド（PI）：Du pont 社製カプトン

ポリスチレン (P S) : Aldrich 社製、 $M_w=28000$ (GPC 法)

シアノプルラン (C Y E P L) : Shinetsu 社製、シアノレジン CR-S

ポリカーボネート (P C) : Aldrich 社製、 $M_w=64000$ (GPC 法)

ポリビニルフェノール (P V P) : Aldrich 社製、 $M_w=20000$ (GPC 法)
(降伏点での伸び率)

下記の 1 ~ 7 の各材料の降伏点での伸び率を、J I S - K 7 1 1 3 規格による引張り試験の 1 0 回の平均値を取り、求めた。

ポリスチレン (P S) を 1 5 w t % 濃度でクロロホルムに溶解させ、0. 4 5 μ m のフィルターでろ過を行った。この P S 溶液を 10×10 cm² のガラス板上に 5 mL 展開し、1 0 0 0 r p m, 1 2 0 s e c の間スピンコートを行った。減圧乾燥機で 2 4 時間真空乾燥を行った後、P S フィルム付きガラス板を純水に浸して P S フィルムの剥離処理を行った。剥離した P S フィルムを減圧乾燥機で 2 4 時間真空乾燥を行った後、マイクロメーター (A n r i t s u 社製) で P S フィルムの膜厚を測定した結果、2 0 μ m であった。このフィルムについて、降伏点での伸び率を測定し、結果を表 1 に示した。

上記 1 において、ポリスチレンのかわりに、シアノプルラン (C Y E P L) を 5 w t % 濃度でジメチルホルムアミド (D M F) : アセトニトリル (1 : 1) 混合溶媒に溶解させる以外は 1 と同様にして C Y E P L フィルムを得、降伏点での伸び率を測定し、結果を表 1 に示した。膜厚は、3 0 μ m であった。

上記 1 において、ポリスチレンのかわりに、ポリカーボネート (P C) を 1 5 w t % 濃度でクロロホルムに溶解 2 0 μ m であった。
ポリビニルフェノール (P V P) と架橋剤としてポリ (メラミン-*c o o*-ホルムアルデヒド) メタクリレート (A l d r i c h 社製) (混合比 4 : 1) を 1 5 w t % 濃度でテトラヒドロフラン (T H F) に溶解させ、0. 4 5 μ m のフィルターでろ過を行った。この P V P 溶液を 10×10 cm² のガラス板上に 5 mL 展開し、1 0 0 0 r p m, 1 2 0 s e c の間スピンコートを行った。その後、1 2 0 $^{\circ}$ C にて熱処理を 3 m i n 行い、P V P 熱架橋膜を作製した。減圧乾燥機で 2 4 時間真空乾燥を行った後、P V P フィルム付きガラス板を純水に浸して P V P 架橋フィルムの剥離処理を行った。剥離した P V P 架橋フィルムを減圧乾燥機で 2 4 時間真空乾燥を行った後、マイクロメーター (A u r i t s u 社製) で P V P 架橋フィルムの膜厚を測定した結果、2 0 μ m であった。このフィルムを低架橋 P V P フィルムとして降伏点での伸び率を測定し、結果を表 1 に示した。

上記 4 において、ポリビニルフェノール (P V P) と架橋剤としてポリ (メラミン-*c o o*-ホルムアルデヒド) メタクリレート (A l d r i c h 社製) の混合比を 3 : 2 に、濃度を 5 % に変更した以外は、4 と同様にして、高架橋 P

V Pフィルムを得、降伏点での伸び率を測定し、結果を表1に示した。膜厚は20 μm であった。

ポリエチレンテレフタレート (P E T) フィルム (膜厚200 μm) を10 \times 10 cm^2 に切り出し、降伏点での伸び率を測定し、結果を表1に示した。
ポリイミド (P I) フィルム (膜厚100 μm) を10 \times 10 cm^2 に切り出し、降伏点での伸び率を測定し、結果を表1に示した。

なお、表1には各々の樹脂材料の降伏点での伸びを文献値として併記すると共に、比誘電率を記載した。

表1

	J I S - K 7 1 1 3 による伸び率 ϵ (%) (降伏伸び)	データハンドブック等 による伸び率 ϵ (%) (降伏伸びの文献値)	比誘電率
ポリエチレンテレフタレート (P E T)	3. 1	1. 4 ~ 3. 8	4. 3
ポリイミド (P I)	2	2	3. 3
ポリスチレン (P S)	1. 1	0. 5 ~ 1. 8	2. 6
ポリシアノプルラン (C Y E P L)	4. 5	4. 8	18. 5
ポリカーボネート (P C)	6	7 ~ 15	2. 9
低架橋ポリビニルフェノール (P V P)	2. 3	無し	3. 6
高架橋ポリビニルフェノール (P V P)	1. 8	無し	3. 6

トランジスタの評価は次の項目で行った。

(J I S - K 6 7 4 4 規格による曲げ試験)

絶縁膜付き支持基板を、J I S - K 6 7 4 4 規格に準じて作製した金属製Vブロックに装着し、荷重を変化させて支持基板の降伏点に到達する直前まで曲げ試験を行った。P E T基板の場合は、降伏点での伸び率が2. 6%、P I基板の場合は、降伏点での伸び率が1. 7%になるように曲げ試験を行い、次の判定を行った。

：支持基板から絶縁膜の剥離なし。

×：支持基板から絶縁膜の剥離あり。又は、表面に亀裂あり。

(表面形状観察)

J I S - K 6 7 4 4 規格による曲げ試験前後の表面形状の観察を、S e i k o I n s t r u m e n t s 社製の原子間力顕微鏡 (A F M) にて行った。

(曲げ試験による絶縁膜の電気抵抗測定)

J I S - K 6 7 4 4 規格による曲げ試験前後における絶縁膜の電気抵抗を測定した。ゲート電極に対してクロスになるように幅 1 mm のシャドーマスクを用いて、1 0 0 0 Å のアルミニウム電極をウルバック社製真空蒸着機 E X - 4 0 0 (真空度: 1 0 - 6 T o r r) を用いて蒸着し、電極間を A g i l e n t 社製の半導体パラメーターアナライザー 4 1 5 5 で測定し、電圧-電流曲線を求めて、その電気伝導度を算出した。

(トランジスター特性)

J I S - K 6 7 4 4 規格による曲げ試験を行った基板と曲げ試験を行っていない基板に対して、半導体層としてペンタセンをウルバック社製真空蒸着機 E X - 4 0 0 (真空度: 1 0 - 6 T o r r) を用いて、 1 Å/sec の速度で 1 0 0 0 Å の厚さで蒸着した。この半導体層上にソース・ドレイン電極を作製するため、チャンネル ($L: 1 0 0 0 \mu\text{m}$, $W: 5 0 \mu\text{m}$) のシャドーマスクを用いて金を 1 0 0 0 Å の厚さで蒸着を行い、有機トランジスターを作製した。このトランジスター素子を A g i l e n t 社製の半導体パラメーターアナライザー 4 1 5 5 で測定し、電圧-電流曲線を求めて、曲げ前後のトランジスター特性の変化を評価した。

(実施例 1)

厚さ $2 0 0 \mu\text{m}$ のポリエチレンテレフタレート (P E T) フィルムを $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ に切り出した。この P E T フィルムを支持基板としてこの上に幅 1 mm のシャドーマスクで覆い、ウルバック社製真空蒸着機 E X - 4 0 0 (真空度: 1 0 - 6 T o r r) を用いて、アルミニウムを 1 0 0 0 Å の厚さで蒸着を行い、ゲート電極を作製した。この上に 5 w t % 濃度でジメチルホルムアミド (D M F) : アセトニトリル = 1 : 1 の混合溶媒に溶解させ、 $0.45 \mu\text{m}$ のフィルターでろ過を行ったシアノプルラン (C Y E P L) 溶液を、5 mL 展開し、3 0 0 0 r p m, 1 2 0 s e c の間スピンコートを行い絶縁膜を作製した。膜厚計 (A l p h a - S t e p 5 0 0 : T e n c o r 社製) で P S 層の膜厚を測定した結果、5 0 0 0 Å であった。

こうして作製した絶縁膜付き支持基板について、J I S - K 6 7 4 4 規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表 2 に示した。又、表面形状観察を行ったところ、曲げの前後で表面状態に差は見られなかった。さらに、曲げ試験による絶縁膜の電気抵抗測定を行ったところ、曲げ前の電気伝導度 $6 \times 1 0^{-14} \text{ S/cm}$ に対し、曲げ後の電気伝導度は $5 \times 1 0^{-14} \text{ S/cm}$ であり、変化は小さかった。

(実施例 2)

実施例 1 において、C Y E P L 溶液を、5 w t % 濃度でクロロホルムに溶解させたポリカーポネート (P C) 溶液に変更した以外は、実施例 1 と同様にして、P C 絶縁膜付き P E T 支持基板を作製した。J I S - K 6 7 4 4 規格によ

る曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表2に示した。P C層の膜厚は、4000Åであった。

(実施例3)

実施例1において、PETフィルムをポリイミド(P I)フィルムに変更した以外は、実施例1と同様にして、CYEPL絶縁膜付きP I支持基板を作製した。J I S-K 6 7 4 4規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表2に示した。CYEPL層の膜厚は、5000Åであった。又、表面形状観察を行ったところ、曲げの前後で表面状態に差は見られなかった。さらに、曲げ試験による絶縁膜の電気抵抗測定を行ったところ、曲げ前の電気伝導度 $6 \times 10^{-14} \text{ S/cm}$ に対し、曲げ後の電気伝導度は $5 \times 10^{-14} \text{ S/cm}$ であり、変化は小さかった。

(実施例4)

実施例1において、PETフィルムをポリイミド(P I)フィルムに、CYEPL溶液を、5wt%濃度でクロロホルムに溶解させたポリカーボネート(PC)溶液に変更した以外は、実施例1と同様にして、PC絶縁膜付きP I支持基板を作製した。J I S-K 6 7 4 4規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表2に示した。PC層の膜厚は、4000Åであった。

(実施例5)

実施例1において、PETフィルムをポリイミド(P I)フィルムに、CYEPL溶液を、5wt%濃度でテトロヒドロフラン(THF)に溶解させたPVPとポリ(メラミン-*c o o*-ホルムアルデヒド)メタクリレート(A l d r i c h社製)(混合比4:1)溶液に変更し、さらにこの溶液をスピンコート後に120℃にて熱処理を3min行い、PVP熱架橋膜とした以外は、実施例1と同様にして、低架橋PVP絶縁膜付きP I支持基板を作製した。J I S-K 6 7 4 4規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表2に示した。低架橋PVP層の膜厚は、3000Åであった。

(比較例1)

実施例1において、CYEPL溶液を、5wt%濃度でクロロホルムに溶解させたポリスチレン(P S)溶液に変更した以外は、実施例1と同様にして、P S絶縁膜付きPET支持基板を作製した。J I S-K 6 7 4 4規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表2に示した。P S層の膜厚は、3000Åであった。又、表面形状観察を行ったところ、曲げ前は平坦な表面であったにも関わらず、曲げ後は表面に凹凸や亀裂が観察された。さらに、曲げ試験による絶縁膜の電気抵抗測定を行ったところ、曲げ前の電気伝導度 $5 \times 10^{-14} \text{ S/cm}$ に対し、曲げ後は絶縁破壊を起こし、-1.5Vまでの電気伝導度は $1 \times 10^{-12} \text{ S/cm}$ であった。

(比較例 2)

実施例 1 において、CYEPL 溶液を、5 wt % 濃度で THF に溶解させたポリビニルフェノール (PVP) と架橋剤としてポリ (メラミン-*c o o*-ホルムアルデヒド) メタクリレート (Aldrich 社製) (混合比 4 : 1) 溶液に変更し、さらにこの溶液をスピンコート後に 120℃ にて熱処理を 3 min 行い、PVP 熱架橋膜とした以外は、実施例 1 と同様にして、低架橋 PVP 絶縁膜付き PET 支持基板を作製した。JIS-K 6744 規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表 2 に示した。低架橋 PVP 層の膜厚は、3000 Å であった。

(比較例 3)

実施例 1 において、CYEPL 溶液を、5 wt % 濃度で THF に溶解させたポリビニルフェノール (PVP) と架橋剤としてポリ (メラミン-*c o o*-ホルムアルデヒド) メタクリレート (Aldrich 社製) (混合比 3 : 2) 溶液に変更し、さらにこの溶液をスピンコート後に 120℃ にて熱処理を 3 min 行い、PVP 熱架橋膜とした以外は、実施例 1 と同様にして、高架橋 PVP 絶縁膜付き PET 支持基板を作製した。JIS-K 6744 規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表 2 に示した。高架橋 PVP 層の膜厚は、3000 Å であった。

(比較例 4)

実施例 1 において、PET フィルムを PI フィルムに、CYEPL 溶液を、5 wt % 濃度でクロロホルムに溶解させたポリスチレン (PS) 溶液に、変更した以外は、実施例 1 と同様にして、PS 絶縁膜付き PI 支持基板を作製した。JIS-K 6744 規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表 2 に示した。PS 層の膜厚は、3000 Å であった。又、表面形状観察を行ったところ、曲げ前は平坦な表面であったにも拘わらず、曲げ後は表面に凹凸や亀裂が観察された。さらに、曲げ試験による絶縁膜の電気抵抗測定を行ったところ、曲げ前の電気伝導度 $5 \times 10^{-14} \text{ S/cm}$ に対し、曲げ後は絶縁破壊を起こし、-1.5 V までの電気伝導度は $1 \times 10^{-12} \text{ S/cm}$ であった。

(比較例 5)

実施例 1 において、PET フィルムを PI フィルムに、CYEPL 溶液を、5 wt % 濃度で THF に溶解させたポリビニルフェノール (PVP) と架橋剤としてポリ (メラミン-*c o o*-ホルムアルデヒド) メタクリレート (Aldrich 社製) (混合比 3 : 2) 溶液に変更し、さらにこの溶液をスピンコート後に 120℃ にて熱処理を 3 min 行い、PVP 熱架橋膜とした以外は、実施例 1 と同様にして、高架橋 PVP 絶縁膜付き PI 支持基板を作製した。JIS

—K 6 7 4 4 規格による曲げ試験及びトランジスター特性の測定を行った。結果を表 2 に示した。高架橋 P V P 層の膜厚は、3 0 0 0 Åであった。

表 2

	基板 ($\epsilon 2$)	絶縁層 ($\epsilon 1$)	$\epsilon 1/\epsilon 2$	JIS 6 7 4 4 曲げ試験	トランジスタ性能変化
実施例 1	PET (3.1)	CYEP L (4.5)	1.5	○	-10%
実施例 2	PET (3.1)	PC (6)	1.9	○	-3%
実施例 3	PI (2)	CYEP L (4.5)	2.3	○	-10%
実施例 4	PI (2)	PC (6)	3.0	○	-4%
実施例 5	PI (2)	高架橋 PVP (2.3)	1.2	○	-7%
比較例 1	PET (3.1)	PS (1.1)	0.4	×	測定不能
比較例 2	PET (3.1)	高架橋 PVP (2.3)	0.7	×	測定不能
比較例 3	PET (3.1)	高架橋 PVP (1.8)	0.6	×	測定不能
比較例 4	PI (2)	PS (1.1)	0.6	×	測定不能
比較例 5	PI (2)	高架橋 PVP (1.8)	0.9	×	測定不能

(J I S - C 2 1 0 3 規格による折り曲げ試験)

P S および C Y E P L における伸び率 (%) と絶縁抵抗の関係を、絶縁ワニスの評価として行われる J I S - C 2 1 0 3 規格による折り曲げ試験に準じて調査した。

J I S - C 2 1 0 3 規格に準じて、金属板上に絶縁膜として P S および C Y E P L をトランジスタ作成条件と同様の条件でスピンコートし、次いで対向電極として金をウルバック社製真空蒸着機 E X - 4 0 0 (真空度: 1 0 - 6 T o r r) を用いて 1 0 0 0 Å 蒸着した。その対向電極上にリード線をドウタイト接着剤 (藤倉化成製) で固定して電流測定用プローバーと接続した。徐々に基板を曲げていき、その電流量を A g i l e n t 社製の半導体パラメーターアナライザー 4 1 5 5 で測定した結果をプロットした。

その結果、P S の降伏伸びである 1 . 1 % から絶縁抵抗の劣化が観測された。一方、C Y E P L では 3 . 5 % を超えたあたりから絶縁抵抗の劣化が観測され始めた。

産業上の利用可能性

以上詳述した通り、本発明の電界効果トランジスタによれば、フレキシブルディスプレイにおけるスイッチング素子の構成部材として大きな面積を占め、力学的影響を強く受ける支持基板と絶縁体層の力学的特性が最適化されることにより、有機電界効果トランジスタにおける高い移動度と、高い o n 電流及び低いリーク電流と、高い o n / o f f 比とを達成すると共に、これらのトランジスタ性能が安定した有機電界効果トランジスタが提供される。

請求の範囲

1. 絶縁体層と、該絶縁体層により隔離されたゲート電極及び有機半導体層と、該有機半導体層に接するように設けられたソース電極及びドレイン電極と、ポリマーを含有する支持基板とを有する電界効果トランジスタにおいて、前記絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) が、前記支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) より大きいことを特徴とする電界効果トランジスタ。
2. 請求項1において、前記絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) と前記支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) との比 ($\varepsilon 1 / \varepsilon 2$) が、1以上であることを特徴とする電界効果トランジスタ。
3. 請求項1又は2において、前記絶縁体層の降伏点での伸び $\varepsilon 1$ (%) と前記支持基板の降伏点での伸び $\varepsilon 2$ (%) との比 ($\varepsilon 1 / \varepsilon 2$) が、1.5以下であることを特徴とする電界効果トランジスタ。
4. 請求項1ないし3のいずれか1項において、前記絶縁体層の厚みが0.1～4 μm であることを特徴とする電界効果トランジスタ。
5. 請求項1ないし4のいずれか1項において、前記支持基板の厚みが0.01～2 mmであることを特徴とする電界効果トランジスタ。
6. 請求項1ないし5のいずれか1項において、前記ゲート電極が前記支持基板上に設けられており、該ゲート電極上に絶縁体層を介して有機半導体層が設けられていることを特徴とする電界効果トランジスタ。
7. 請求項1ないし6のいずれか1項において、前記ソース電極及びドレイン電極が前記絶縁体層に接していることを特徴とする電界効果トランジスタ。
8. 請求項1ないし6のいずれか1項において、前記ソース電極及びドレイン電極が前記有機半導体層上に設けられていることを特徴とする電界効果トランジスタ。
9. 請求項1ないし5のいずれか1項において、前記ソース電極及びドレイン電極が前記支持基板上に設けられていることを特徴とする電界効果トランジスタ。

10. 請求項1ないし9のいずれか1項において、前記支持基板が、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリイミド、アモスファスポリオレフィン、ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂、ポリアミド、ポリベンゾオキサゾール、ポリベンゾチアゾール、ビニル系ポリマー、ポリパラバン酸、ポリシルセスキオキサン、及びシロキサンよりなる群から選択されるプラスチック基板であることを特徴とする電界効果トランジスタ。

11. 請求項1ないし10のいずれか1項において、前記絶縁体層における比誘電率が2.0以上であることを特徴とする電界効果トランジスタ。

12. 請求項1ないし11のいずれか1項において、前記絶縁体層における電気伝導度が 10^{-12} S/cm 以下であることを特徴とする電界効果トランジスタ。

図 1

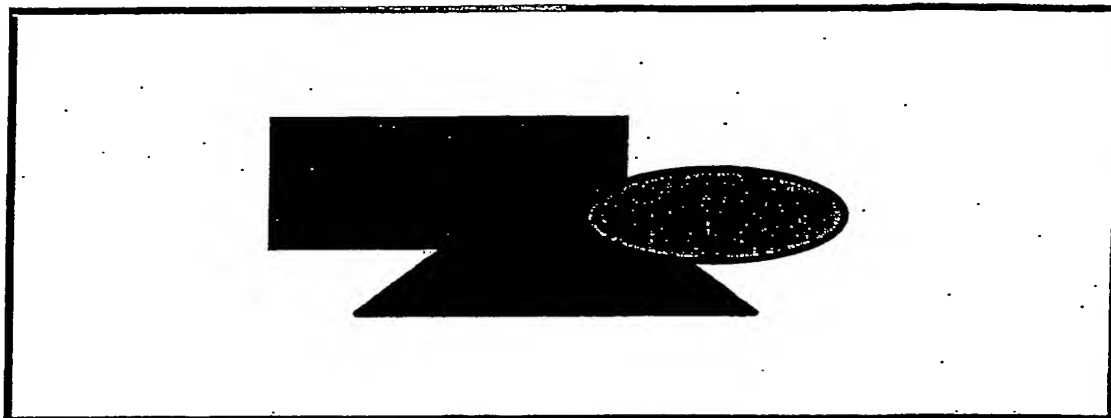


図 2

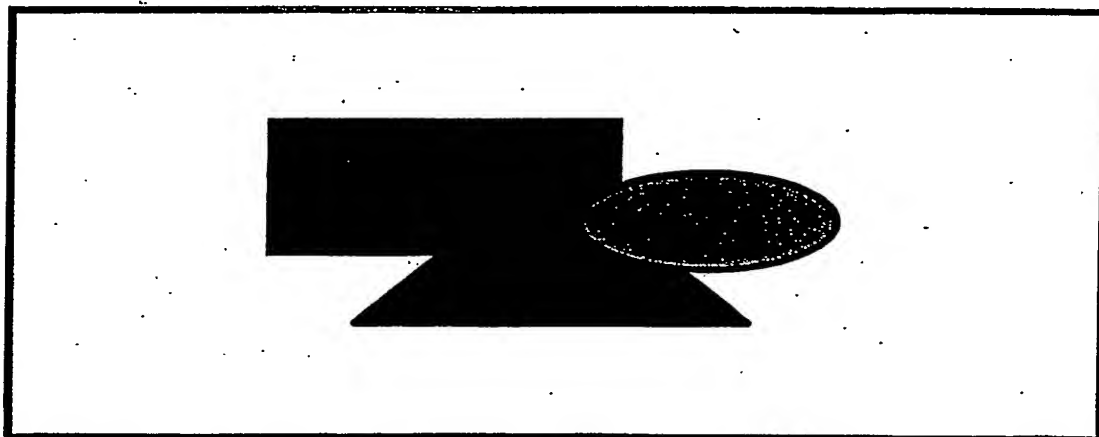


図 3

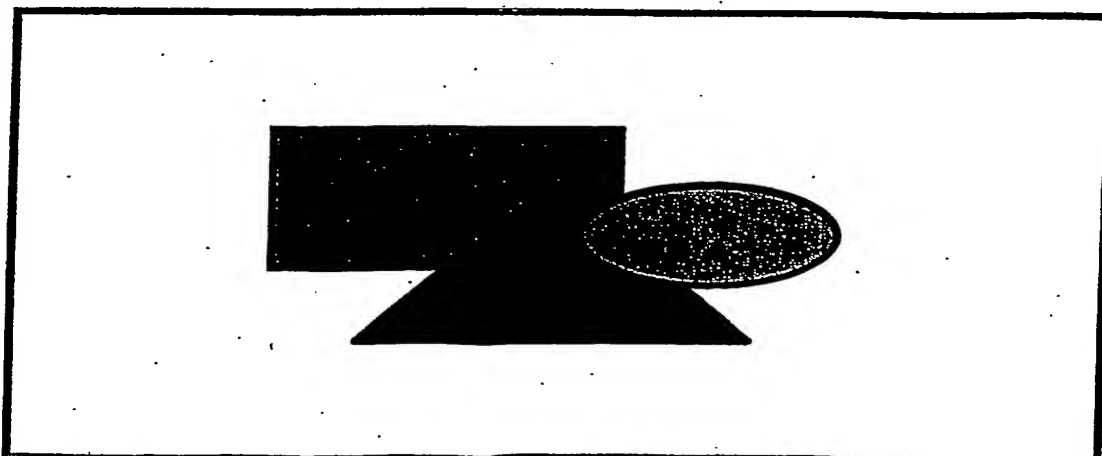
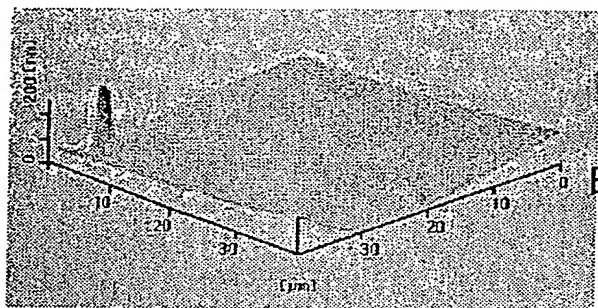
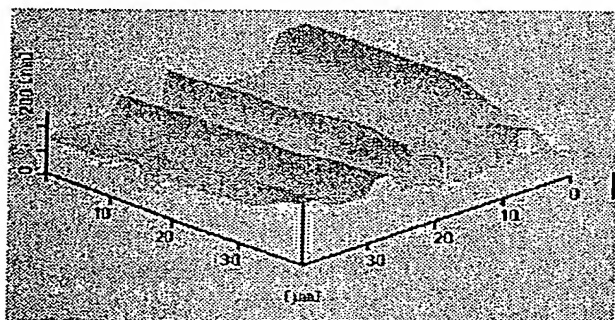
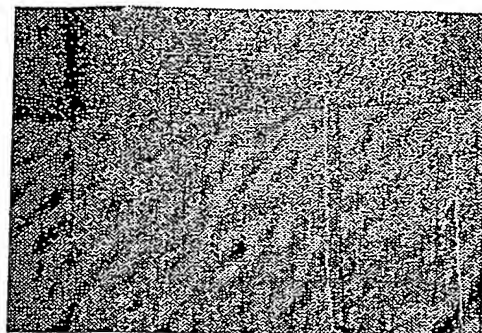


図 4

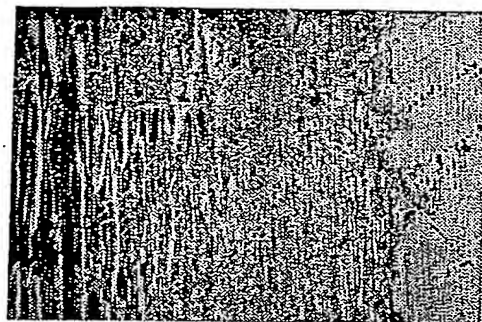
PET/PS



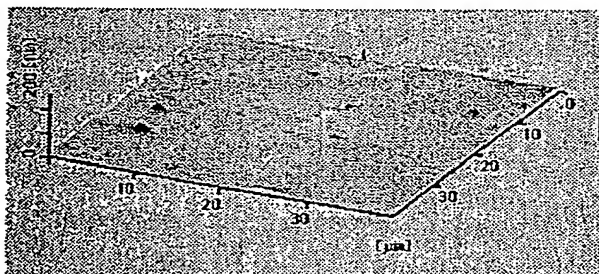
曲げ前



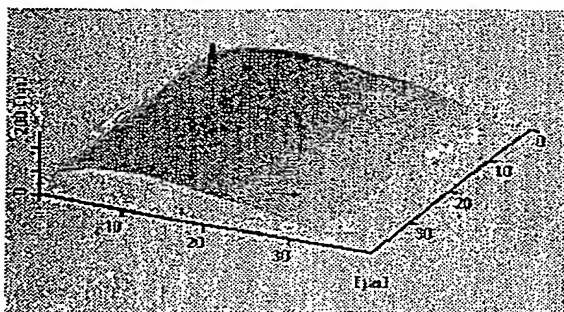
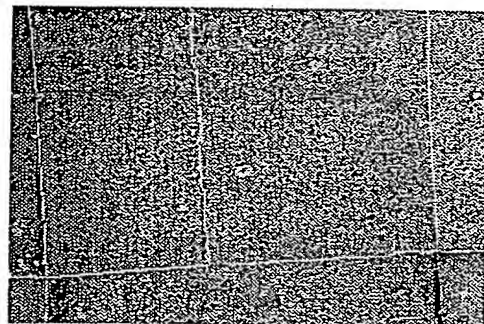
曲げ後



PET/CYEPL



曲げ前



曲げ後

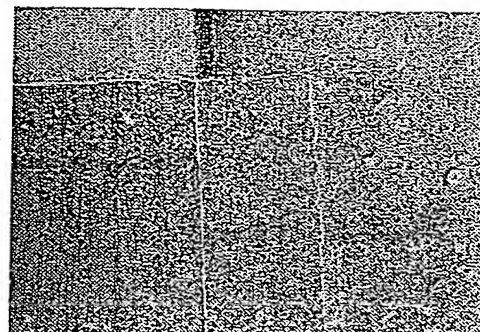
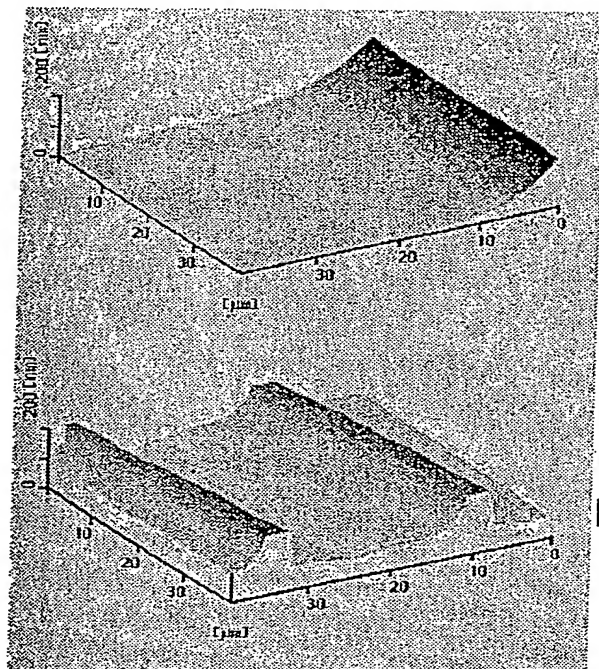
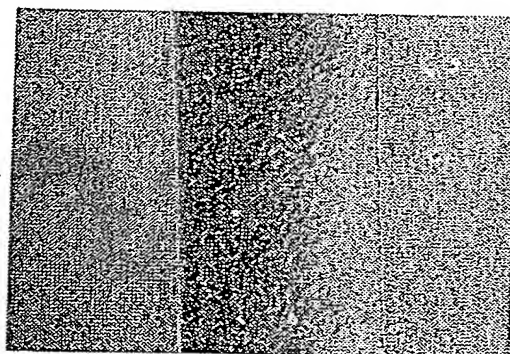


図 5

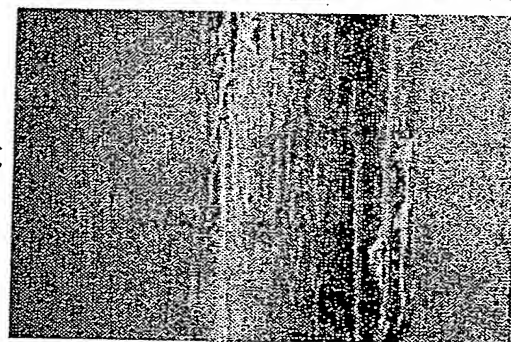
PI/PS



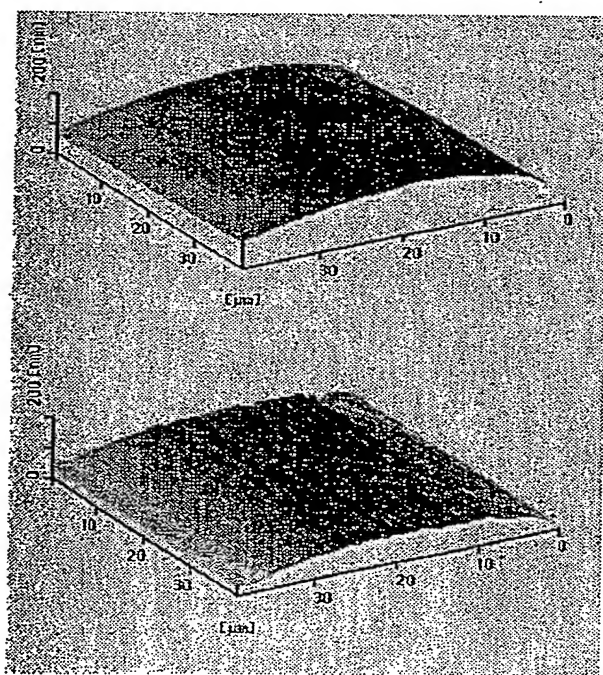
曲げ前



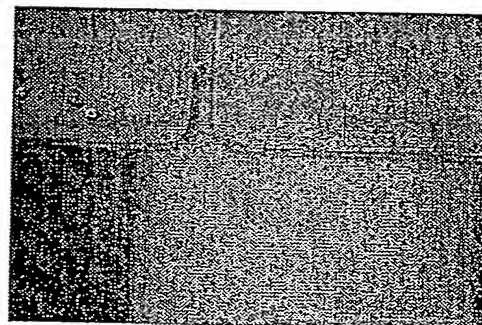
曲げ後



PI/CYEPL



曲げ前



曲げ後

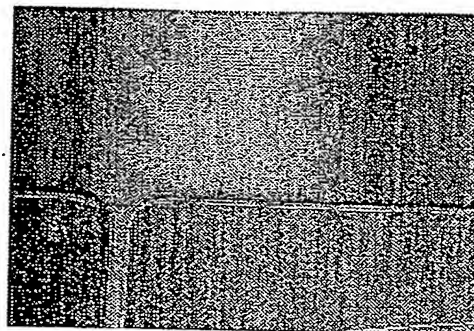
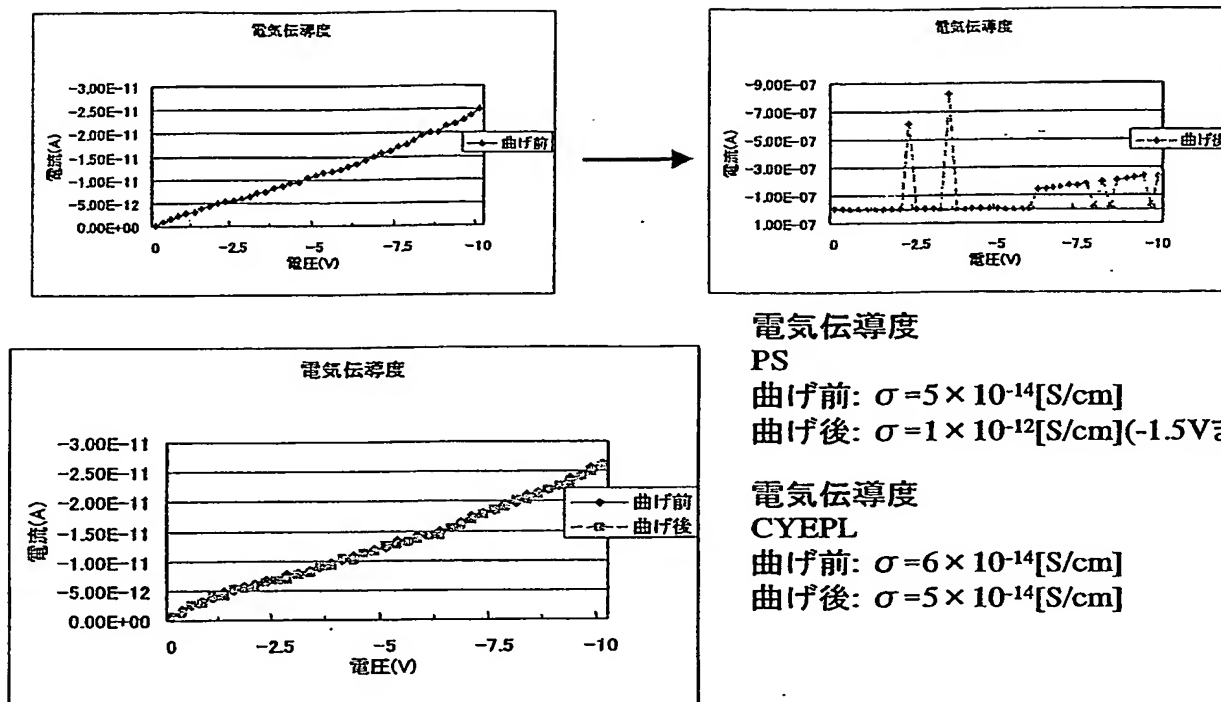


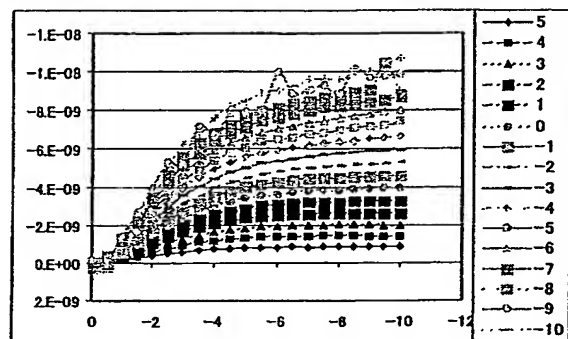
図 6



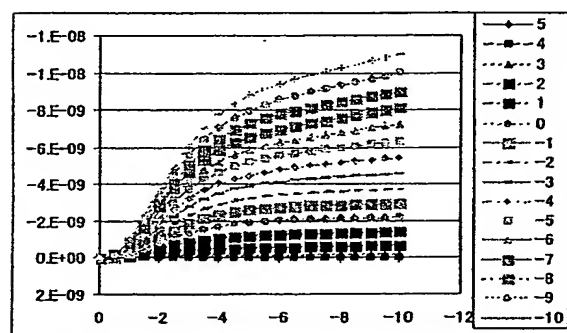
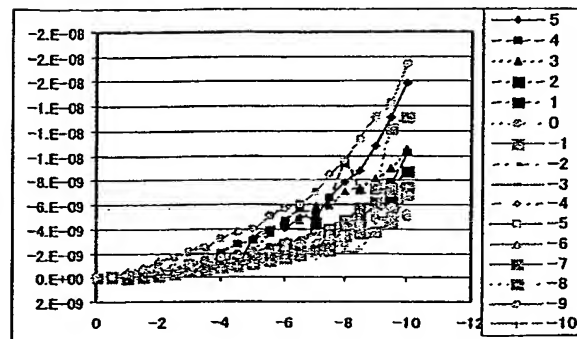
5 / 8

図 7

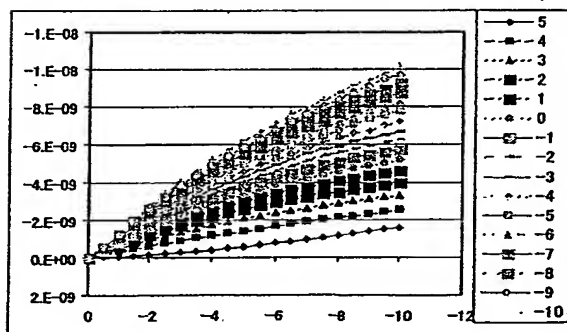
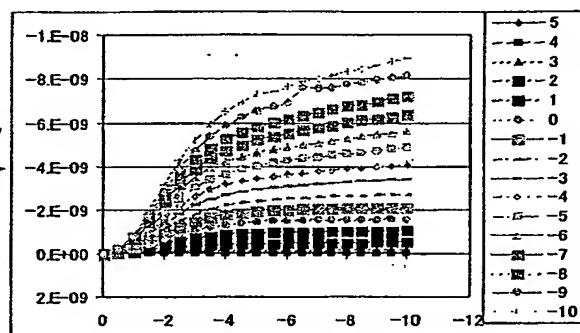
PET



PS

測定
不能

CYEPL

10%
減少

PC

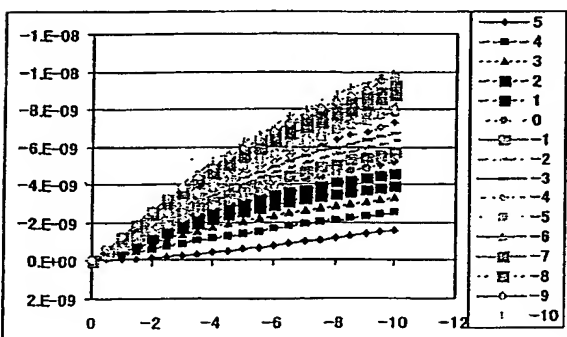
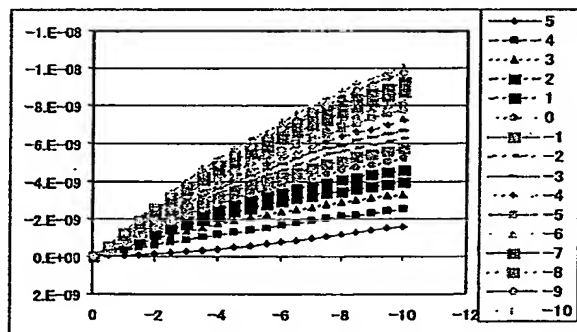
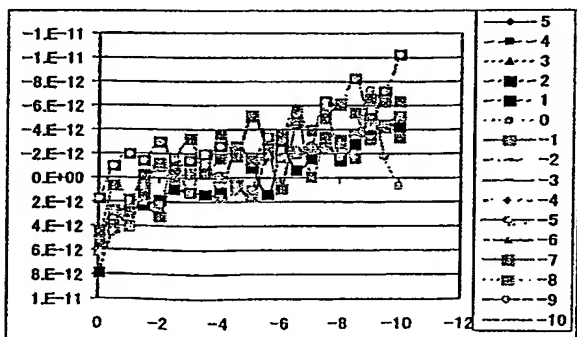
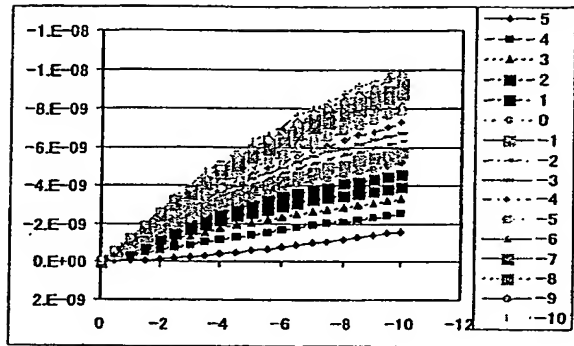
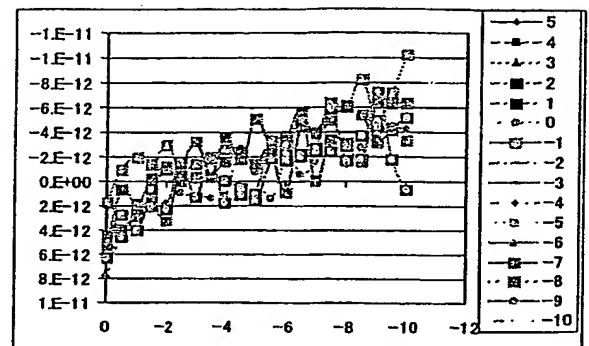
3%
減少低架橋
PVP測定
不能

図 8



高架橋
PVP
測定
不能



7/8

図 9

PI

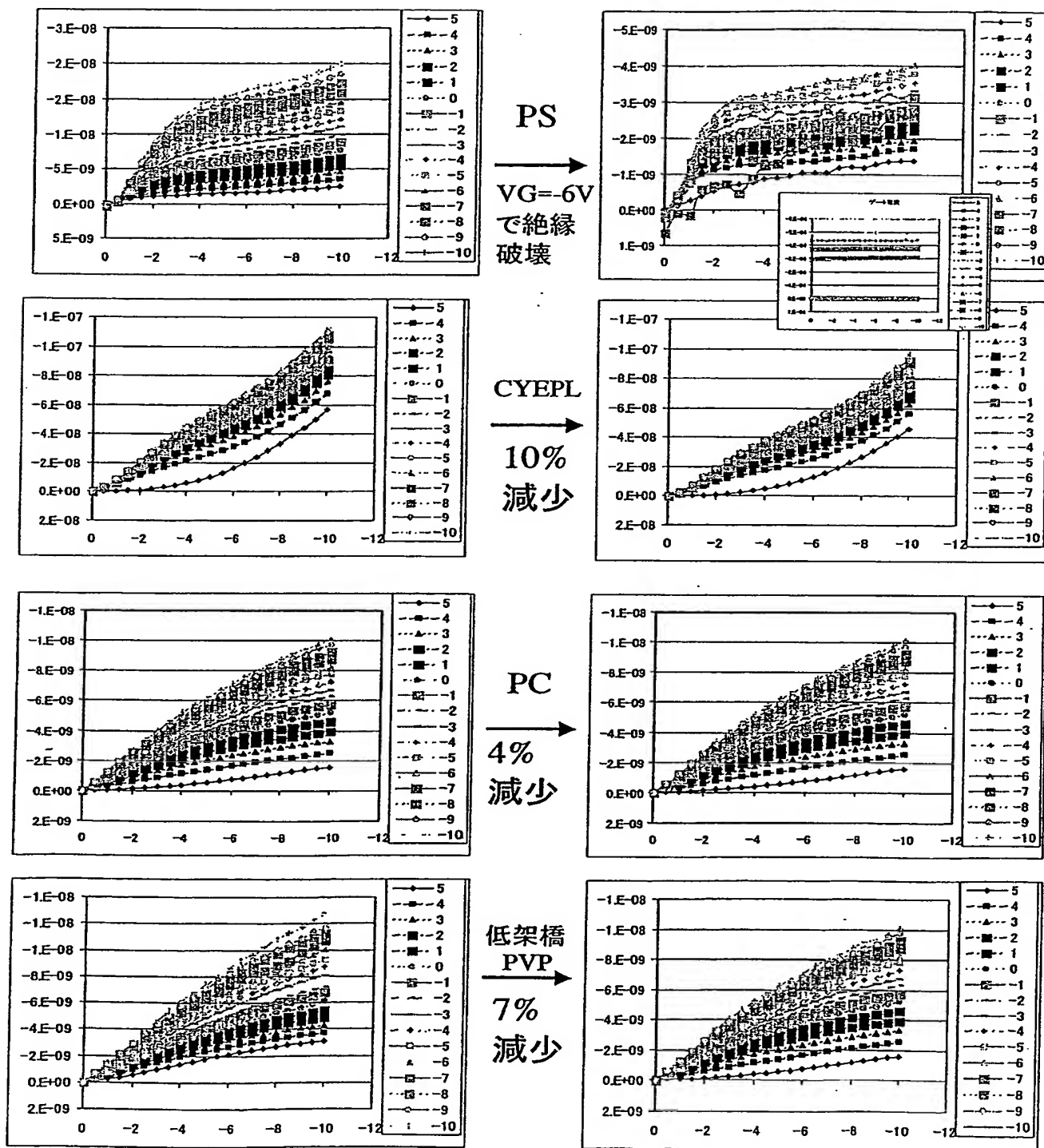


図 1 0

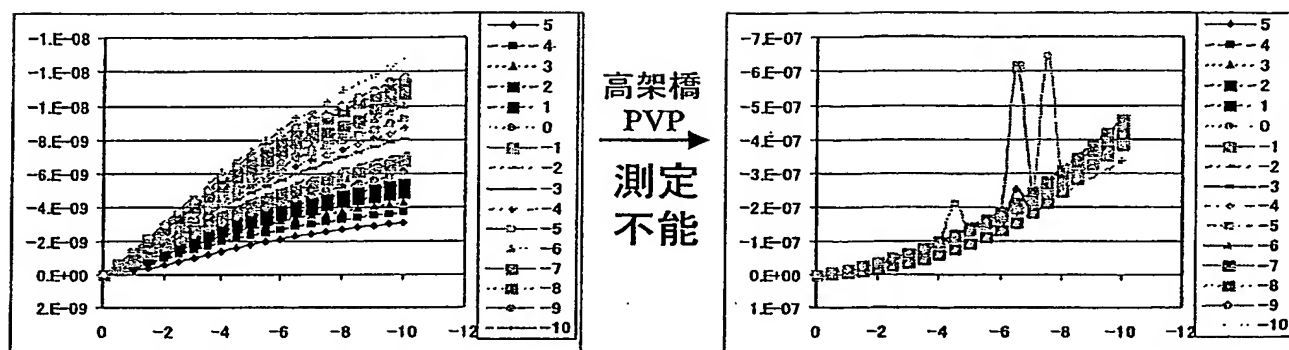
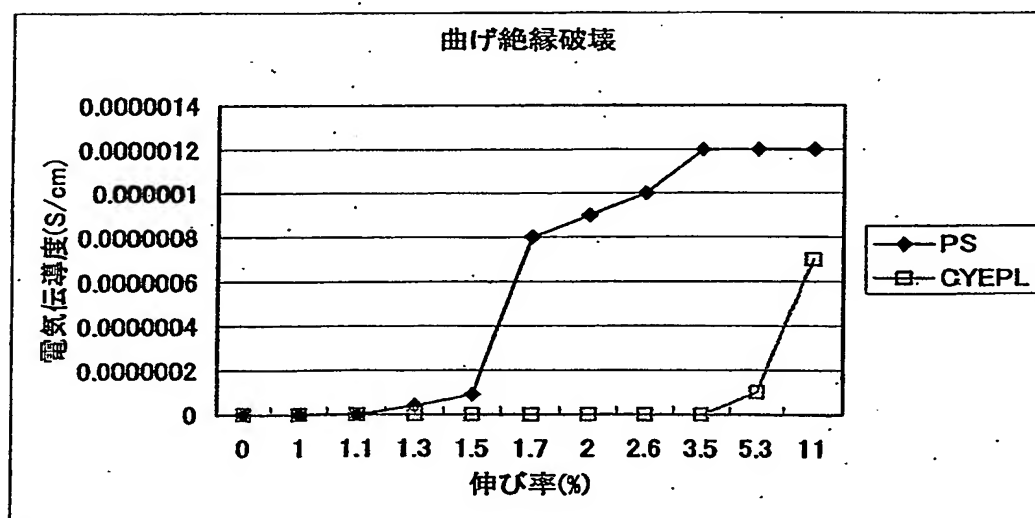


図 1 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09747

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5854139 A (Hitachi Ltd.), 29 December, 1998 (29.12.98), Full text; Figs. 1 to 9 & US 5705826 A & JP 8-18125 A Full text; Figs. 1 to 9 & KR 332365 B	1-12
X	JP 2001-244467 A (Hitachi, Ltd.), 07 September, 2001 (07.09.01), Full text; Figs. 1 to 18 (Family: none)	1-12
X	JP 2001-94107 A (Hitachi, Ltd.), 06 April, 2001 (06.04.01), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 September, 2003 (17.09.03)Date of mailing of the international search report
14 October, 2003 (14.10.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 5854139 A (Hitachi Ltd.) 1998. 12. 29, 全文, 第1-9図 &US 5705826 A &JP 8-18125 A, 全文, 第1-9図 &KR 332365 B	1-12
X	JP 2001-244467 A (株式会社日立製作所) 2001. 09. 07, 全文, 第1-18図 (ファミリーなし)	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17. 09. 03	国際調査報告の発送日 14.10.03	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 萩原 周治 電話番号 03-3581-1101 内線 3462	4M 3123

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2001-94107 A (株式会社日立製作所) 2001. 04. 06, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-12